

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-093375

(43)Date of publication of application : 10.04.1998

(51)Int.Cl.

H03H 9/145

H03H 9/64

(21)Application number : 09-179936

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 04.07.1997

(72)Inventor : SATO YOSHIO

IGATA OSAMU

MIYASHITA TSUTOMU

MATSUDA TAKASHI

TAKAMATSU MITSUO

(30)Priority

Priority number : 03281694

Priority date : 28.10.1991

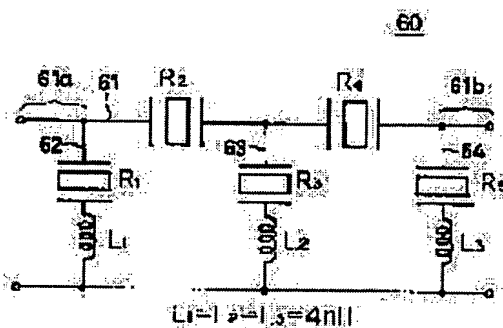
Priority country : JP

(54) SURFACE ACOUSTIC WAVE FILTER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To expand passing bandwidth and improve the degree of suppression outside the passing band at the same time by adding an inductance in series with a 1st surface acoustic wave resonator, and specifying the arrangement position of a reflector and the film thickness of an exciting electrode.

SOLUTION: On a serial arm 61, one terminal-to-surface acoustic wave resonators R2 and R4 are arranged. On parallel arms 62 to 64, one terminal-to-surface acoustic wave resonators R1, R3, and R5 are arranged. Further, inductances L1 to L3 are arranged on the parallel arms 62 to 64 while connected to the resonators R1, R3, and R5. Then a reflector of a 1st surface acoustic wave resonator is arranged at a distance $d=(n+\beta)\lambda$ (n is an integer, β is a real number ≤ 1 , and λ is a cycle of a comg-type electrode corresponding to a resonance frequency), where β is substantially 0.4, from the exciting electrode, which is so constituted as to a film thickness ≤ 0.06 as thick as an electrode cycle.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 04.07.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 30.11.1999

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3152418

[Date of registration]

26.01.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 11-20767

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 28.12.1999

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3152418号

(P3152418)

(45) 発行日 平成13年 4 月 3 日 (2001. 4. 3)

(24) 登録日 平成13年 1 月 26 日 (2001. 1. 26)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

H 0 3 H 9/145

H 0 3 H 9/145

C

D

9/64

9/64

Z

請求項の数 3 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平9-179936
(62) 分割の表示 特願平4-32270の分割
(22) 出願日 平成4年2月19日 (1992. 2. 19)

(65) 公開番号 特開平10-93375
(43) 公開日 平成10年4月10日 (1998. 4. 10)
審査請求日 平成9年7月4日 (1997. 7. 4)
審判番号 平11-20767
審判請求日 平成11年12月28日 (1999. 12. 28)
(31) 優先権主張番号 特願平3-281694
(32) 優先日 平成3年10月28日 (1991. 10. 28)
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

早期審理対象出願

(73) 特許権者 000005223
富士通株式会社
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1
番1号
(72) 発明者 佐藤 良夫
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内
(72) 発明者 伊形 理
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内
(74) 代理人 100070150
弁理士 伊東 忠彦

合議体

審判長 川名 幹夫

審判官 吉見 信明

審判官 橋本 正弘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 弾性表面波フィルタ

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の共振周波数を有する第1の一端子
対弾性表面波共振器を並列腕に、該第1の共振器の反共
振周波数に略一致する共振周波数をもつ第2の一端子対
弾性表面波共振器を直列腕に配してなる梯子型弾性表面
波フィルタにおいて、

前記梯子型弾性表面波フィルタの基板材料は LiTaO_3
であり、

並列腕に形成された第1の一端子対弾性表面波共振器
が、その両側に同じ電極材料で形成された反射器を有
し、該第1の弾性表面波共振器を構成する励振電極及び
反射器を、
材料がA1製又は重量比で数%異種金属を混ぜたA1合
金製であり、
膜厚が電極周期の0.06~0.09倍となるように構

2

成し、

小型移動体無線機器用のRFフィルタで、比帯域幅が少
なくとも2%であることを特徴とする弾性表面波フィル
タ。

【請求項2】 所定の共振周波数を有する第1の一端子
対弾性表面波共振器を並列腕に、該第1の共振器の反共
振周波数に略一致する共振周波数をもつ第2の一端子対
弾性表面波共振器を直列腕に配してなる梯子型弾性表面
波フィルタにおいて、

10 前記梯子型弾性表面波フィルタの基板材料は LiTaO_3
であり、

並列腕に形成された第1の一端子対弾性表面波共振器
が、その両側に同じ電極材料で形成された反射器を有
し、該第1の弾性表面波共振器を構成する励振電極及び
反射器を、

材料がAu製であり、
膜厚が電極周期の0.0086~0.013倍となるように構成し、
小型移動体無線機器用のRFフィルタで、比帯域幅が少なくとも2%であることを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項3】 前記弾性表面波フィルタは、前記第1の弾性表面波共振器に直列に接続されるインダクタンスを有することを特徴とする請求項1または2に記載の弾性表面波フィルタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は弾性表面波フィルタに係り、特に自動車電話及び携帯電話などの小型移動体無線機器のRF（高周波部）のフィルタに適用しうる梯子型の弾性表面波フィルタに関する。現在の国内の自動車・携帯電話の仕様の1例は、933.5MHzを中心として、±8.5MHzの範囲が送信帯域である。比帯域幅にすると、約2%である。

【0002】弾性表面波フィルタは上記の仕様を満たすような特性であることが必要であり、具体的には、①通過帯域幅が比帯域幅にして2%以上と広いこと、②損失が1.5~2dB以下と低いこと、③抑圧度が20dB~30dB以上と高いことが必要とされる。この要求を満たすため、弾性表面波フィルタは、従来のトランスバーサル型に代わって、弾性表面波素子を共振器として用い、これを梯子型に構成した共振器型が希望視されている。

【0003】

【従来の技術】図26は、特開昭52-19044号に記載されている弾性表面波フィルタ1の等価回路を示す。このフィルタ1は、直列腕2に弾性表面波共振器3を配置し、並列腕4に弾性表面波共振器5を配置し、且つ並列腕4の共振器5の等価並列容量 C_{02} を直列腕2の共振器3の等価並列容量 C_{01} より大とした構成である。

【0004】このフィルタ1は、図27に線6で示す特性を有する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記のフィルタ1において、後述するように等価並列容量 C_{02} を大とすると、矢印7で示すように抑圧度を高めることができる。しかし、この容量 C_{02} を増やすと、矢印8で示すように通過帯域幅が狭くなり、且つ矢印9で示すように損失が増え、特性は線10で示す如くになってしまう。

【0006】抑圧度を20dB以上としようとする、通過帯域幅は比帯域幅にして1%以下となってしまう、上記の自動車携帯電話の仕様を満たすことができなくなってしまう。そこで、本発明は、通過帯域幅の拡大と通過帯域外の抑圧度の向上とを同時に達成することができ、しかもリップル成分を抑圧した弾性表面波フィルタ

を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、所定の共振周波数を有する第1の一端子対弾性表面波共振器を並列腕に、該第1の共振器の反共振周波数に略一致する共振周波数をもつ第2の一端子対弾性表面波共振器を直列腕に配してなる梯子型弾性表面波フィルタにおいて、前記梯子型弾性表面波フィルタの基板材料はLiTaO₃であり、並列腕に形成された第1の一端子対弾性表面波共振器が、その両側に同じ電極材料で形成された反射器を有し、該第1の弾性表面波共振器を構成する励振電極及び反射器を、材料がA1製又は重量比で数%異種金属を混ぜたA1合金製であり、膜厚が電極周期の0.06~0.09倍となるように構成し、小型移動体無線機器用のRFフィルタで、比帯域幅が少なくとも2%であることを特徴とする弾性表面波フィルタである。

【0008】請求項2に記載の発明は、所定の共振周波数を有する第1の一端子対弾性表面波共振器を並列腕に、該第1の共振器の反共振周波数に略一致する共振周波数をもつ第2の一端子対弾性表面波共振器を直列腕に配してなる梯子型弾性表面波フィルタにおいて、前記梯子型弾性表面波フィルタの基板材料はLiTaO₃であり、並列腕に形成された第1の一端子対弾性表面波共振器が、その両側に同じ電極材料で形成された反射器を有し、該第1の弾性表面波共振器を構成する励振電極及び反射器を、材料がAu製であり、膜厚が電極周期の0.0086~0.013倍となるように構成し、小型移動体無線機器用のRFフィルタで、比帯域幅が少なくとも2%であることを特徴とする弾性表面波フィルタである。

【0009】請求項3に記載の弾性表面波フィルタは、請求項1又は2において、前記弾性表面波フィルタは、前記第1の弾性表面波共振器に直列に設けられるインダクタンスを有することを特徴とするものである。

【0010】

【発明の実施の形態】まず、本発明の基本原理解について説明する。図1は本発明の弾性表面波フィルタ20の原理構成を示す。21は第1の一端子弾性表面波共振器であり、所定の共振周波数 f_{r1} を有し、並列腕22に配してある。23は第2の一端子弾性表面波共振器であり、第1の共振器21の反共振周波数 f_{a1} に略一致する共振周波数 f_{r2} を有し、直列腕24に配してある。25はインダクタンスであり、第1の共振器21に直列に付加してあり、並列腕22に配してある。

【0011】一端子対弾性表面波共振器を直列腕と並列腕にもつ回路がフィルタ特性を有する原理は次の通りである。この原理については、本特許の原理説明にも必要であるため、ここで詳しくのべる。共振回路がフィルタ特性を示すか否かを評価するには、イメージパラメー

タによる方法が理解し易い。この方法は柳沢等による「フィルタの理論と設計」(産報出版:エレクトロニクス選書, 1974年発行)に詳しく述べられている。

【0012】以下これを基にして原理を述べる。フィルタ特性を示す基本的な梯子型回路を図2に示す。同図において斜線のブラックボックスが弾性表面波共振器30, 31である。今、説明の簡略化のため、弾性表面波共振器を抵抗分のないリアクタンス回路であると仮定 *

*し、直列腕の共振器30のインピーダンスを $Z = jx$ 、並列腕の共振器31のアドミタンスを $Y = jb$ とする。

【0013】イメージパラメータ法によれば、入力側電圧・電流をそれぞれ V_1, I_1 、出力側を V_2, I_2 とすると(図2参照)、

【0014】

【数1】

$$\exp(\gamma) = \sqrt{V_1 \cdot I_1 / V_2 \cdot I_2} \quad \dots (1)$$

【0015】で定義されるイメージ伝送量 γ (複素数) ※【0016】
が、重要な意味を持つ。即ち、 ※ 【数2】

$$\begin{aligned} \tanh(\gamma) &= \tanh(\alpha + j\beta) \\ &= \sqrt{(B \times C) \times (A \times D)} \quad \dots (2) \end{aligned}$$

【0017】の式において、この式で表される値が虚数であれば図2の二端子対回路全体は通過特性を示し、実数であれば減衰特性を示す。ここに、A, B, C, Dの記号は図2の回路全体をF行列で表した時の四端子定数であり、それぞれを前述の x, b で表すと以下のようになる。

A = 1

★

20★ B = jx

C = jb

D = $1 - bx$ $\dots (3)$

従って、(2)式は、次式になる。

【0018】

【数3】

$$\tanh(\gamma) = \sqrt{bx / (bx - 1)} \quad \dots (4)$$

【0019】(4)式より、 $0 < bx < 1$ 、即ち b と x が同符号で小さな値の時、図2の回路全体は通過特性を示し、 $bx < 0$ または $bx > 1$ の時、即ち b と x が異符号または $b \times$ 積が大きな値の時、減衰特性を示すことが分かる。ここでさらに b と x の周波数特性を定性的に知るために、弾性表面波共振器のインピーダンス及びアドミタンスの周波数特性を調べる。

【0020】一端子対弾性表面波共振器は図3(A)に示されるような楕形電極40で構成される(日経エレクトロニクス誌1976年11月29日号のP. 76～P. 98に記載)。41は電極対で、42は開口長(交差幅)、43は楕形電極周期である。この楕形電極は抵抗分を無視すると一般に図3(B)に示されるような等価回路45で表される。ここにC₀は楕形電極の静電容量、C₁, L₁は等価定数である。

【0021】この等価回路45を、以下、図3(C)に示す記号46で表わす。図4(A)(B)は夫々楕形電極を図3(b)のような等価回路で表した時のインピーダンス及びアドミタンスの周波数依存性を定性的に示す。同図の特性は水晶による共振器と同様に2つの共振

周波数 f_r, f_a をもつ2重共振特性となる。ここで f_r を共振周波数、 f_a を反共振周波数と呼ぶ。このような2重共振特性をもつ共振器をそれぞれ直列腕及び並列腕に配置し、さらに並列腕の反共振周波数 f_{ap} を直列腕の共振周波数 f_{rs} に略一致させると、それを中心周波数とするバンドパス型のフィルタ特性を示す回路を構成できる。その理由は、図5(A)のインミタンスの周波数特性の図にも示したように、 $f_{ap} \approx f_{rs}$ である中心周波数近傍では、 $0 < bx < 1$ が満たされ前述の条件から通過域となり、中心周波数から少し離れた周波数領域では $bx > 1$ 、大きく離れた領域では $bx < 0$ となり共に減衰域となるからである。

【0022】従って、図1に示す構成の弾性表面波フィルタ1は、図5(B)中線47で示すフィルタ特性を定性的に有する。

〔通過帯域幅決定要因〕

次に、このような共振器型弾性表面波フィルタにおけるバンド幅決定要因を考察する。

【0023】図5からも分かるようにバンド幅は主にそれぞれの共振器における共振周波数 f_r と反共振周波数

f_aとの差で決定されている。この差が大きくとれば、バンド幅は広く広帯域となり、小さければ狭帯域となる。ここでf_r、f_aは図3(B)の等価回路定数を使

※って次式から決定できる。

【0024】

【数4】

$$f_r = 1 / (2 \cdot \pi \sqrt{C_1 \times L_1}) \quad \dots (5)$$

$$f_a = f_r \cdot \sqrt{(1 + 1/\gamma)} \quad \dots (6)$$

$$\gamma = C_0 / C_1 : \text{容量比} \quad \dots (7)$$

【0025】比帯域幅($\Delta f/f_0$)は主にf_r、f_aの差から決まってしまうため、(6)、(7)式を使

$$\Delta f/f_0 = 2(f_a - f_r) / (f_a + f_r)$$

$$\approx 2 / (4\gamma + 1) \quad \dots (8)$$

上式から明らかなようにγ(容量比)が比帯域幅を決める重要な因子となる。しかし、この値は特開昭52-19044号公報にも記載されているように、楕形電極を形成する基板材料の種類によりほぼ決まってしまう。例えば材料の電気機械結合係数が小さなSTカット水晶では、γは1300以上となるのに対し、電気機械結合係数が大きな36°Ycut-x伝搬LiTaO₃では、γは15位の値になる。比帯域幅は(8)式より、STカット水晶では0.04%、36°Ycut-X伝搬LiTaO₃では3.3%となる。従って、基板材料が決まれば帯域幅はほぼ決定してしまう。

【0026】そして、帯域外抑圧度を高めるため、特開昭52-19044号に記載されているように、等価並列容量C₀を大とすると、帯域幅はどんどん狭くなってしまう。これを図6を使って詳しく説明する。前述の原理説明からも明らかなように並列共振器のf_rとf_aを固定したまま、アドミタンス値を大きくしていくと(アドミタンス値を増加するにはγを一定にしたまま楕形電極の開口長または対数を増やして静電容量C₀を大きくしていく)、図6(A)に示すように帯域外ではbx積が負で増加するため減衰量は増え特性は良くなるが、中心周波数の近傍ではbx積が正で増加するためbx>1の領域が広がり、結果として0<bx<1なる通過域が狭まって帯域が十分取れなくなる。この様子を図6(B)中の矢印で表す。

【0027】〔通過帯域幅の改善〕

以上の点を解決する一つの手段として、①直列腕の共振器か若しくは並列腕の共振器かどちらかすくなくとも一方の共振器のf_rとf_aとの差を広げ、かつ②そのインピーダンス値若しくはアドミタンス値を大きくするという2つの条件を満たすことが必要である。インピーダンス値やアドミタンス値を大きくする理由は、帯域外減衰量を大きくするためである。これが実現できれば、通過帯域を広げつつ若しくは狭くすることなく、帯域外減衰量を改善できることになる。

【0028】まず、①の条件である共振器のf_r、f_a

の差を広げる方法としては、一端子対弾性表面波共振器に直列にインダクタンスLを付加する方法が有効である。図7(A)、(B)に一端子対弾性表面波共振器に直列にLとして8nHを接続した時のインピーダンス及びアドミタンスの周波数変化を示す。計算に用いた弾性表面波共振器の等価回路の各定数は同図に示す。

【0029】図7(A)中、線50は、Lを付加する前のインピーダンス特性を示す。線51は、Lを付加した後のインピーダンス特性を示す。図7(B)、線52はLを付加する前のアドミタンス特性を示す。線53は、Lを付加した後のアドミタンス特性を示す。図7(A)より、Lを付加することによってf_rとf_aの間隔は広がっていることが分かる。この場合では約30MHz拡大した。この理由は、同図(A)のインピーダンスの周波数特性から明らかなように、直列にLが加わることに

30

より元の共振器だけのインピーダンスが+側へ、ωL分だけ引上げられる結果、f_rがf_r'へと変化したためである。この時f_aはほとんど動かない。インピーダンスの逆数であるアドミタンスも同じ理由から同図(A)に示すように変化する。この場合も、f_rがf_r'へと変化していることが明確にわかる。

【0030】次に②の条件であるが、アドミタンス値は図7(B)からも明らかなようにLを付加することで大きくなっている。しかし、インピーダンス値は図7(A)に示すように帯域外では逆に小さくなっている。

40

従って、直列腕の共振回路にこの方法を適用する場合にはインピーダンス値を大きくする方法が更に必要とする。それには直列に複数個の同じ弾性表面波共振器を接続することにより解決できる。

【0031】図8中、線55は、一つの共振器のインピーダンス特性を示す。線56は、n個の共振器を直列に接続した場合の共振部分のインピーダンス特性を示す。図8に示すように、n個の共振器を接続することにより共振器部のインピーダンス値はn倍になる。一方f_aとf_rの差については、Lを繋いだ時の共振周波数の拡がりはf_r'と、1個の共振器の場合のf_r'よりやや狭

50

くなるものの、 L を繋がない時よりも f_a と f_r の差は大きくとれる。もし必要であれば L の値を増やすことにより f_a と f_r の差はさらに大きくなる。

【0032】以下、本発明の内容を具体的な実施例により説明する。実施例はほとんどシミュレーションにより行った。そこで、まず本発明に用いたシミュレーションについて簡単に述べるとともに、シミュレーションの正当性を証明するために、実験との比較を示す。図3

(B) に示した等価回路は一端子対弾性表面波共振器の特性を簡略にシミュレーションできるが、共振器を構成する楕形電極の対数、開口長、電極膜厚などの変化並びに反射器の効果等を正確にシミュレーションすることが難しい。そこで発明者等が既に開発したところのスミスの等価回路を基本にこれを転送行列で表す方法を用い、共振器へ応用した (O. Ikata et al.: 1990 ULTRASONIC SYMPOSIUM Proceedings, vol.1, pp83-86, (1990). を参照、これを文献 (1) とする。)

【0033】図9 (A) は並列腕に一端子対弾性表面波共振器を配した場合の、シミュレーションの結果を示す。図9 (B) は、並列腕に、材料が $Al-2\%Cu$ 、膜厚が 1600Å の楕形電極よりなる一端子対弾性表面波共振器を配し、更にこの共振器に長さ 3mm のボンディングワイヤ ($L=1.5\text{nH}$) を接続した場合の、実験の結果を示す。

【0034】図9 (A)、(B) を比較するに、開口長変化による共振点 (図中 f_{r1} 、 f_{r2} 、 f_r で示した) の動きや共振点近傍での減衰量について、実験値と計算値が良く一致していることが分かる。図10 (A) は、直列腕に共振器を配した場合の、シミュレーションの結果を示す。後述する実験で用いたボンディングパッドがやや大きかったため、シミュレーションでは、その浮遊容量として、 0.5pF のコンデンサを考慮している。

【0035】図10 (B) は、直列腕に共振器を接続した場合の実験の結果を示す。図10 (A)、(B) を比較するに、反共振周波数 f_{a1} 、 f_{a2} 、 f_a が開口長に依存しない点や、反共振周波数近傍での減衰量の変化などが実験と良く一致していることがわかる。従って、これらを組み合わせた時のフィルタ特性も実験と良く一致することは明らかであり、以降の実施例はシミュレーションで行った。

【0036】〔実施例1〕

図11は本発明の第1実施例になる弾性表面波フィルタ130を示す。本実施例は、損失の低下を図ったものである。現在、国内の自動車・携帯電話の仕様のなかで1つの例をあげると、 933.5MHz を中心周波数として、 $\pm 8.5\text{MHz}$ の範囲が移動機器の送信帯域で、そこから -55MHz 離れた 878.5MHz を中心周波数として、 $\pm 8.5\text{MHz}$ の範囲が受信帯域という仕様がある。

【0037】本実施例は、上記の移動機器の送信側フィルタに適するように設計してある。後述する他の実施例も同様である。直列腕61に一端子対弾性表面波共振器 R_2 、及び R_4 が配してある。並列腕62、63、64に夫々一端子対弾性表面波共振器 R_{1a} 、 R_{1b} 、 R_{1c} が配してある。

【0038】 L_1 、 L_2 、 L_3 はインダクタンスであり、夫々共振器 R_{1a} 、 R_{1b} 、 R_{1c} と接続して並列腕62、63、64に配してある。各共振器 R_2 、 R_4 、 R_{1a} 、 R_{1b} 、 R_{1c} は楕形電極構造を有する。対数は100、開口長は $80\mu\text{m}$ である。材料は、 $Al-2\%Cu$ であり、膜厚は $3,000\text{Å}$ である。また、楕形電極の周期が適宜定めてあり、並列腕62、63、64中の各共振器 R_{1a} 、 R_{1b} 、 R_{1c} の共振周波数は、 912MHz 、反共振周波数は 934MHz としてある。直列腕61中の各共振器 R_2 、 R_4 の共振周波数は 934MHz 、反共振周波数は 962MHz としてある。

【0039】インダクタンス L_1 、 L_2 、 L_3 は共に 4nH である。並列腕62の第1の弾性表面波共振器 R_{1a} は、図12に示すように励振電極131と、この両側に反射器132、133を配した構成である。反射器132、133は励振電極131と反射器132、133との中心間距離 d を次式

$$d = (n + \beta) \cdot \lambda \quad \dots \quad \textcircled{1}$$

(ここで、 n は適当な整数、 β は1以下の実数、 λ は共振周波数に対応した楕形電極の周期である) で表わすとき、 $\beta=0.4$ としたときの位置に配してある。

【0040】上記反射器132、133の対数は、50である。反射器を備えた共振器 R_{1a} は、図11に示すように「*」を追加した記号で表わす。他の並列腕63、64の共振器 R_{1b} 、 R_{1c} も、上記の共振器 R_{1a} と同様に、反射器を備えた構成である。上記構成のフィルタ130は、図13中線134で示す通過特性を有する。

【0041】この通過特性は、図11のフィルタ60の通過特性 (線65で示す) に比べて、矢印135で示すように、通常帯域の挿入損失が低減されている。ここで、リップル r_p は、図12に示すように並列腕の励振電極131の両側に反射器132、133を配置したことによって発生したものである。ここで、反射器132、133の配設位置を上記のように定めた理由について説明する。上記①式において、 β を0から0.5まで変化させてリップル r_p の幅への影響は、図14中線140で示す如くなる。同図中、点141がリップル幅が最小の点であり、このときの β が0.4である。

【0042】このことから、 β を0.4に定めてある。図15は、図11のフィルタ130を実現した弾性表面波フィルタ装置150を示す。81はセラミックパッケージ、82はフィルタチップ、83はアースとして機能する蓋である。セラミックパッケージ81はアルミナセラミック製であり、サイズは $5.5 \times 4\text{mm}^2$ の高さが

1. 5 mmと小さい。このセラミックパッケージ81にはAu製の電極端子84₋₁～84₋₆が形成してある。フィルタチップ82は、LiTaO₃製であり、サイズは2×1.5 mm²の厚さが0.5 mmである。このフィルタチップ82の表面に、対数が100、開口長が80 μm、材料がAl-2%Cu、膜厚が3,000 Åの櫛形電極構造を有する共振器R₂、R₄、R_{1s}、R_{3s}、R_{5s}が、互いに弾性表面波の伝播路を共有しないように、ずらして配置してある。またフィルタチップ82の表面には、ボンディング用端子としての、二つの信号線用端子85₋₁、85₋₂及び三つのアース用端子85₋₃、85₋₄、85₋₅が形成してある。

【0043】86₋₁～86₋₅はボンディングワイヤであり、Al又はAu製であり、径が25 μmφであり、夫々端子84₋₁～84₋₅と端子85₋₁～85₋₅とにボンディングされて接続してある。このうち、ワイヤ86₋₁、86₋₂は夫々図11中の直列腕61の一部61a及び61bを構成する。ワイヤ86₋₃はアース用電極端子84₋₃と85₋₃との間に接続してあり、ワイヤ86₋₄は別のアース用電極端子84₋₄と85₋₄との間に接続してあり、ワイヤ86₋₅は別のアース用電極端子84₋₅と85₋₅との間に接続してある。このワイヤ86₋₃～86₋₅は長さが共に2.0 mmと長い。

【0044】このように、細くて長いワイヤは高周波の理論によれば、インダクタンス分を持つ。空中リボンインダクタの理論式(倉石：理工学講座、「例題円周マイクロ波回路」東京電機大学出版局のP199に記載)によれば、上記のワイヤ86₋₃、86₋₄、86₋₅のインダクタンスは約1 nHとなる。このようにして、図11中のインダクタンスL₁、L₂、L₃を構成する。

【0045】また、151、152、153、154は夫々反射器である。次に、第1の一端子対弾性表面波共振器の変形例について説明する。図16は一の変形例を示す。この共振器R₁Baは、励振電極131の両側に、反射器として、電氣的負荷が短絡型の櫛形電極160、161を配した構成である。

【0046】図17は、別の変形例を示す。この共振器*

$$Q = Z_o / Z_m = V_o / V_m = 1 + k^2 / 2 + \alpha(t) \dots (9)$$

(V_o、V_m：自由表面及び電極下での音速、k²：電気機械結合係数)

とし、α(t)を膜厚tに比例するパラメータとしてこ 40※【0050】こう置くとフィルタの中心周波数f_oは、

$$f_o = 2 f_o' / (1 + Q) \dots (10)$$

となり、膜厚を増加するにつれ、音響インピーダンスの不連続がない時の中心周波数f_o'から低周波数側へ移動していくという良く知られた実験事実とも一致する。シミュレーションの結果、α(t)を大きくすると、即ち電極膜厚を厚くしていくと、リップルr_pの現れる周波数位置が図19中、矢印180で示すように、通過帯域の高周波側へ移動してゆき、ついには高周波側の減衰極の中に落ちてしまうことが分かった。これを模式的に

* R₁B_oは、励振電極131の両側に反射器として、ストリップアレイ型電極165、166を配した構成である。

〔実施例2〕

図18は本発明の第2実施例になる弾性表面波フィルタ170を示す。本実施例は、実施例1と同様に損失の低下を図ったもので、前述した図に示す構成部分と対応する部分には同一符号を付し、その説明は省略する。

【0047】直列腕61のうち、並列腕62、63の間の部分に同じ共振器R₂が二つ直列に接続され、更にこれに直列に3 nHのインダクタンスL₂が付加してある。同じく、直列腕61のうち、並列腕63、64の間の部分に、同じ共振器R₄が二つ直列に接続され、更に、これに直列に3 nHのインダクタンスL₄が付加してある。並列腕62には、一つの共振器R位置だけが配してある。同じく、並列腕63には、一の共振器R₃だけが配してある。同様に、並列腕64には、一の共振器R₅だけが配してある。

【0048】フィルタ170は、各並列腕62、63、64の第1の弾性表面波共振器R_{1s}、R_{3s}、R_{5s}を夫々図12に示すように励振電極131の両側のβが0.4で定まる位置に反射器132、133を配した構成である。このフィルタ170によれば、通過帯域の損失が少なく、且つリップルも抑えられた通過特性が得られる。

【0049】〔実施例3〕

本実施例は、図13中のリップルr_pを取り除くことを目的としたものである。まず、前記反射器付加時に現れるリップルを効果的に取り除く手段について述べる。発明者等は、リップルの現れ周波数位置と電極膜厚との関係をシミュレーションにより調べた。シミュレーションでは膜厚増加の効果を電極下の音響インピーダンス(Z_m)と自由表面の音響インピーダンス(Z_o)との比を大きくしていくことで置き換えた。それは文献(1)でも述べているように、電極膜厚の増加は質量が増加することであり、これはそのまま音響インピーダンスの不連続量の増加に比例すると考えられるためである従って、

図19に示す。

【0051】なお、図19中、別のリップルr_sは、直列腕共振器の反射器が原因で発生するものである。図20はα(t)=0.08の時、並列腕の共振器の反射器から生じるリップルが、丁度高周波側の減衰極の中に落ちている場合の通過特性を示す。従って、同図では通過帯域からリップルが消え、しかも挿入損失がかなり低減している。なお、この図では、通過帯域の中心が(1

0)式に従って低周波側へ移動したため、これを補正すべく、中心周波数を932MHzになるように、直列腕及び並列腕の共振器の共振周波数を15MHzだけ高周波側へシフトしている。

【0052】これを実際の膜厚との対応でみるため、チップを試作し、その通過特性を調べた。図21(A)、(B)、(C)の線185、186、187は、夫々膜厚が2000Å、3000Å、4000Åの時の通過特性を対応させて示す。尚、膜厚を変えることにより中心周波数が変わるが、同図のデータはこれを補正すべく、楕形電極の周期を変え、中心周波数があまり変動しないように調整している。

【0053】図21から明らかなように、2000Åの時に帯域内に現れていた並列腕の共振器のリップル r_p 、及び帯域外の直列腕のリップル r_s が、3000Åの時には高周波側へ移動して r_p' 、 r_s' となり、 r_p' は高周波側の減衰極に埋もれてしまった結果、帯域内にリップルのない良好な特性となった。この結果はシミュレーションの結果と定性的に良く一致している。

【0054】しかし、膜厚を増加させた時にはシミュレーションでは計算できないバルク波による損失劣化(江畑他:「LiTaO₃、基板上の弾性表面波共振器とそのVTR用共振器への応用」、電子通信学会論文誌, vol. J66-C, No.1, pp23-30, 1988)と抵抗損による損失改善があり、その兼ね合いも重要な因子となる。そこで図22(A)に膜厚を変えた時の最小挿入損の変化をプロットした。

【0055】同図中、線190はバルク波による損失、線191は抵抗損による損失を示す。線192が実験値である。同図より分かるように、挿入損は2500Å位で両者の効果が均衡し、約3500Åくらいからバルク波による損失増加が支配的になり劣化し始める。図22(B)の線193は、図12中の励振電極131と反射器132、133の膜厚を変えた場合の、リップル r_p の周波数位置の、通過帯域中心周波数 f に対する変化を示す。

【0056】図22(A)、(B)及び自動車・携帯電話に適した損失2dB以下の条件を総合的に判断すると、膜厚としては、2600Å~4000Åが帯域内にもリップルを作らず、かつ損失劣化も少ないことから適当である。これを、フィルタの中心周波数からほぼ決まる並列腕共振器の電極周期 λ_p (932MHzで4.4 μ mであり、図12参照)で規格化すると、0.06~0.09となる。

【0057】本実施例は、上記の検討結果に基づくものである。図23は本発明の弾性表面波フィルタの第1の一端子対弾性表面波共振器200を示す。同図中、201励振電極202、203は反射器であり、夫々Al製又は重量比で数%異種金属を混ぜたAl混合製であり、膜厚 t_1 は、電極周期 λ_p の0.06~0.09倍の厚

さである。

【0058】この共振器200を図11及び図18中の共振器 R_{1s} 、 R_{2s} 、 R_{3s} に適用した弾性表面波フィルタの通過特性は、図24中、線205で示す如くなり、通過帯域内にリップルは現われていない。なお、上記のAl合金製とした場合には、Al製とした場合に比べて耐電力特性が向上する。混合させる異種金属はCu、Tiなどである。

【0059】図25は、上記共振器の変形例である共振器210を示す。211は励振電極、212、213は反射器である。これらは、Au製である。質量付加効果の影響でこの現象が生じていることから、最適な膜厚値の範囲Alの密度との比だけ上記値より小さくなる。Alの密度/Auの密度=2.7/18.9=0.143であるため、最適膜厚 t_2 は、0.143倍して、電極周期 λ_p の0.0086~0.013倍の厚さとしてある。

【0060】この共振器210を図11及び図18中の共振器 R_{1s} 、 R_{2s} 、 R_{3s} に適用した弾性表面波フィルタの通過特性も、図24に示す如くなり、通過帯域にリップルは現われない。

【0061】

【発明の効果】以上説明した様に、請求項1ないし3に記載の発明によれば、従来のものに比べて、通過帯域外抑圧度を高めることができ、しかも同時に通過帯域幅を広げることができ、更にはリップルを小さく又は実質的に無くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の弾性表面波フィルタの原理図である。

【図2】共振器を用いたフィルタ回路の基本構成を示す図である。

【図3】一端子対弾性表面波共振器の構造とその等価回路及びその記号を示す図である。

【図4】一端子対弾性表面波共振器のインピーダンス及びアドミタンスの周波数特性を示す図である。

【図5】共振周波数近傍における弾性表面波共振器のインミタンス特性及びそれらを接続してなる図1のフィルタのフィルタ特性を示す図である。

【図6】従来の弾性表面波フィルタを説明する図である。

【図7】共振器にインダクタンスを直列に付加した場合の効果を示す図である。

【図8】一端子対弾性表面波共振器を直列にn個接続した場合の効果を示す図である。

【図9】並列腕共振器の通過特性の開口長依存性を示す図である。

【図10】直列腕共振器の通過特性の開口長依存性を示す図である。

【図11】本発明の弾性表面波フィルタの第1実施例の回路図である。

【図 12】図 11 中、第 1 の一端子対弾性表面共振器を示す図である。

【図 13】図 11 のフィルタの通過特性を示す図である。

【図 14】反射器設置位置 $d = (n + \beta) \cdot \lambda$ の β によるリップル幅への影響を示す図である。

【図 15】図 11 の弾性表面波フィルタの構造をその蓋を取り外した状態で示す平面図である。

【図 16】図 11 中の第 1 の一端子対弾性表面波共振器の一の変形例を示す図である。

【図 17】図 11 中の第 1 の一端子対弾性表面波共振器の別の変形例を示す図である。

【図 18】本発明の弾性表面波フィルタの第 2 実施例を示す図である。

【図 19】電極膜厚 (t) のリップル発生位置への効果を示す図である。

【図 20】並列腕共振器の反射器によるリップル (r_p) が高周波減衰極へ落ちたときの状態を示す図である。

【図 21】共振器型フィルタの通過特性の膜厚依存性を示す図である。

【図 22】挿入損失及びリップル発生位置の膜厚依存性の実験の結果を示す図である。

10

* 【図 23】本発明の弾性表面波フィルタの第 3 実施例の第 1 の一端子対弾性表面波共振器を示す図である。

【図 24】図 23 の共振器を適用した弾性表面波フィルタの通過特性を示す図である。

【図 25】本発明の弾性表面波フィルタの第 3 実施例の第 1 の一端子対弾性表面波共振器の変形例を示す図である。

【図 26】従来の弾性表面波フィルタの 1 例を示す図である。

【図 27】図 26 のフィルタの通過特性を示す図である。

【符号の説明】

130, 170 弾性表面波フィルタ

150 弾性表面波フィルタ装置

81 セラミックパッケージ

82 フィルタチップ

83 蓋

84₋₁ ~ 85₋ 電極端子

85₋₁ ~ 85₋ 端子

86₋₁ ~ 86₋ ボンディングワイヤ

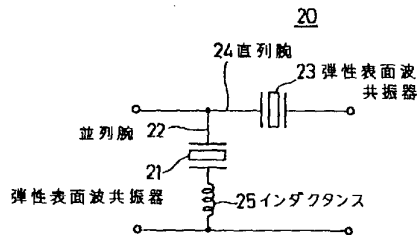
131, 励振電極

132, 133 反射器

*

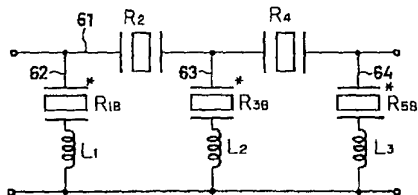
【図 1】

本発明の弾性表面波フィルタの原理図



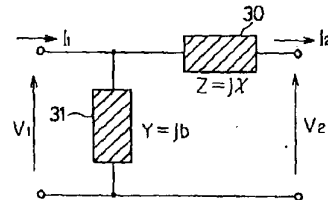
【図 11】

本発明の弾性表面波フィルタの第 1 実施例の回路図



【図 2】

共振器を用いたフィルタ回路の基本構成を示す図



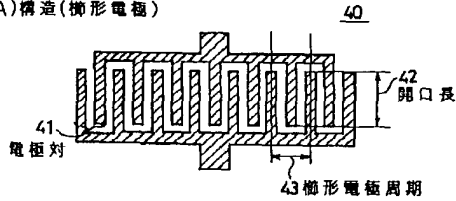
F 行列表示

$$\begin{pmatrix} V_1 \\ I_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_2 \\ I_2 \end{pmatrix}$$

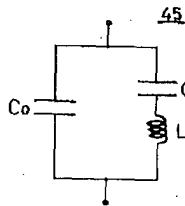
【図3】

1端子対弾性表面波共振器の構造とその等価回路及びその記号を示す図

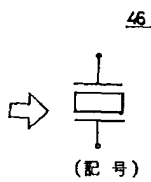
(A)構造(梯形電極)



(B)等価回路



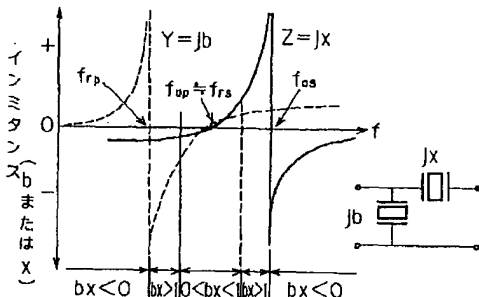
(C)



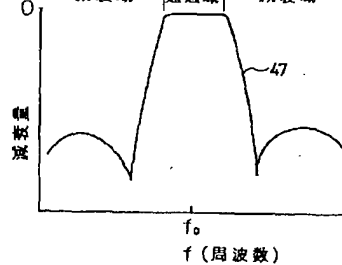
【図5】

共振周波数近傍における弾性表面波共振器のインミタンス特性及びそれらを接続してなる図1のフィルタのフィルタ特性を示す図

(A)



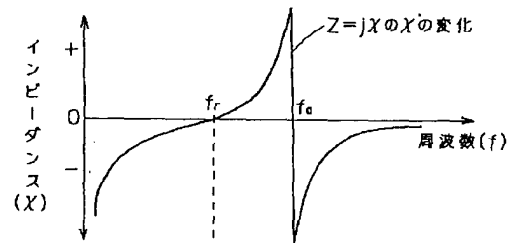
(B)



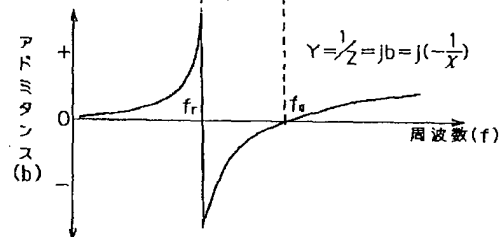
【図4】

1端子対弾性表面波共振器のインピーダンス及びアドミタンスの周波数特性(定性的な変化)を示す図

(A)インピーダンス

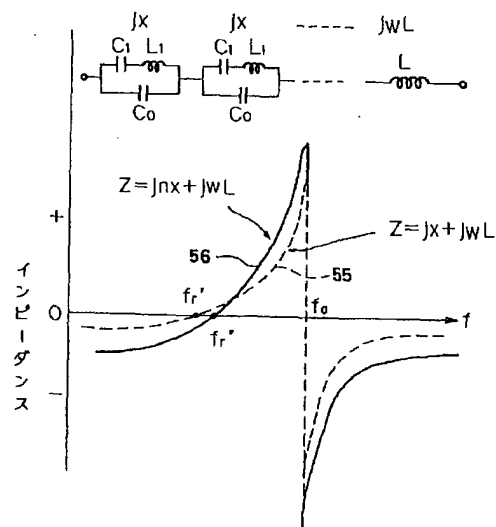


(B)アドミタンス

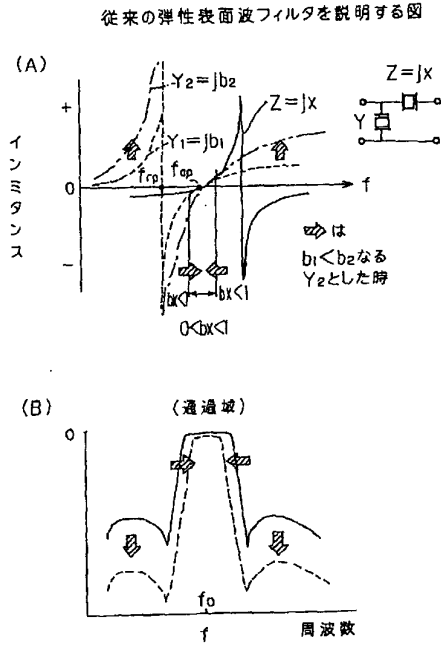


【図8】

1端子対弾性表面波共振器を直列にn個接続した場合の効果を示す図

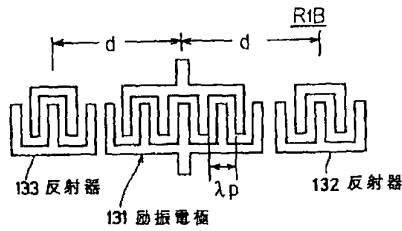


【図6】

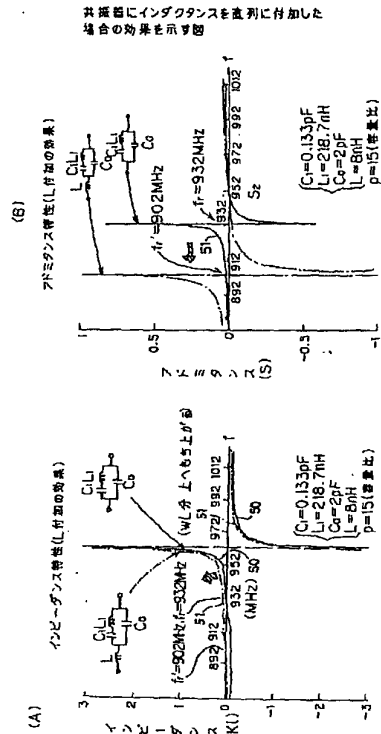


【図12】

図11中、第1の一端子対弾性表面波共振器を示す図

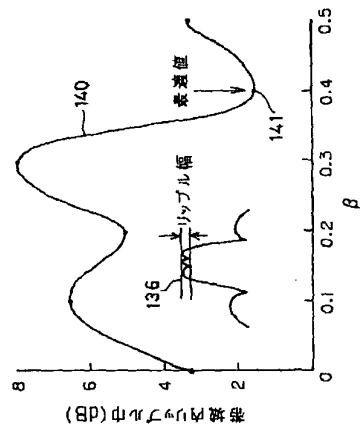


【図7】



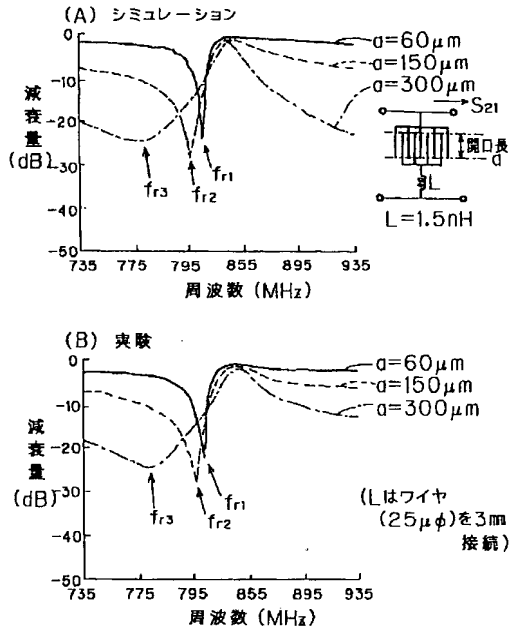
【図14】

反射器設置位置 $d = (n + \beta) \cdot \lambda$ の β によるリップル幅への影響を示す図

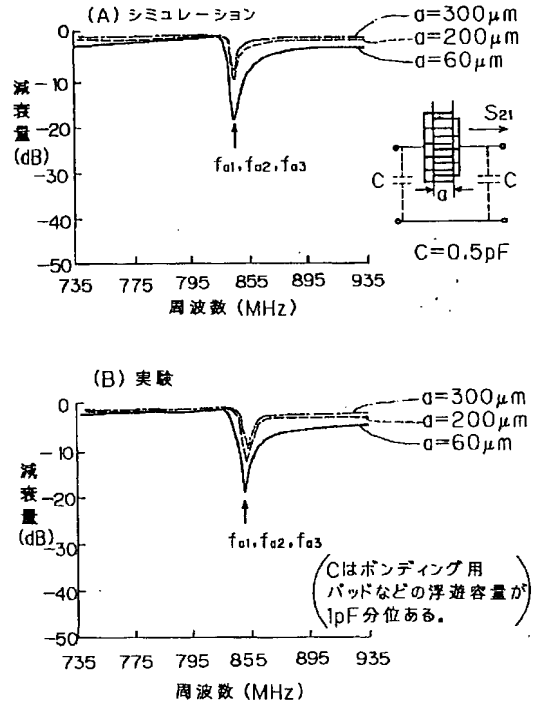


【図9】

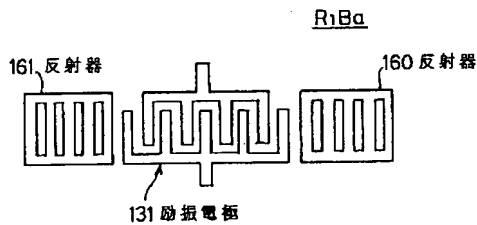
並列腕共振器の通過特性の開口長依存性を示す図



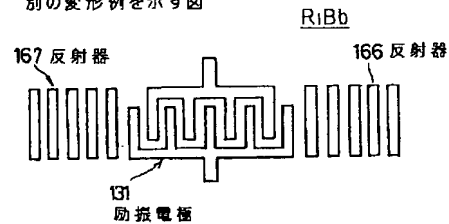
【図10】

直列腕共振器の通過特性の
開口長依存性を示す図

【図16】

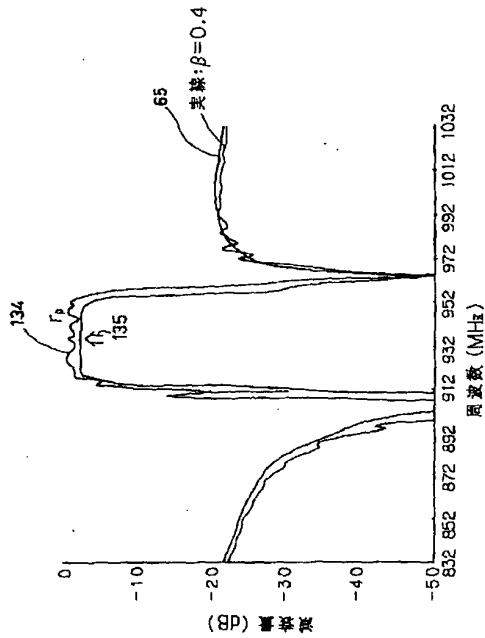
図11中の第1の一端子対弾性表面波共振器の
一の変形例を示す図

【図17】

図11中の第1の一端子対弾性表面波共振器の
別の変形例を示す図

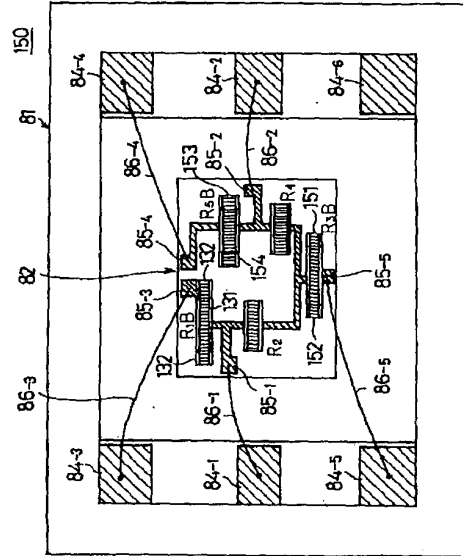
【図13】

図11のフィルタの通過特性を示す図



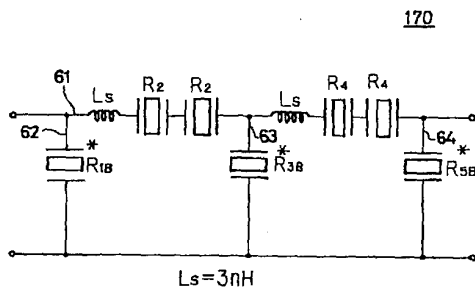
【図15】

図11の弾性表面波フィルタの構成をその蓋を取り外した状態で示す平面図



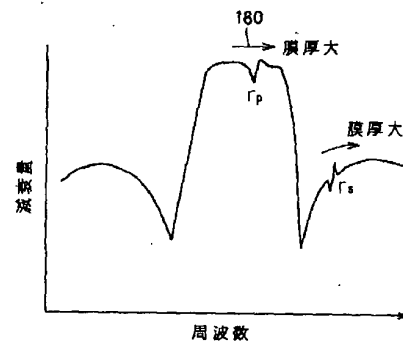
【図18】

本発明の弾性表面波フィルタの第2実施例を示す図



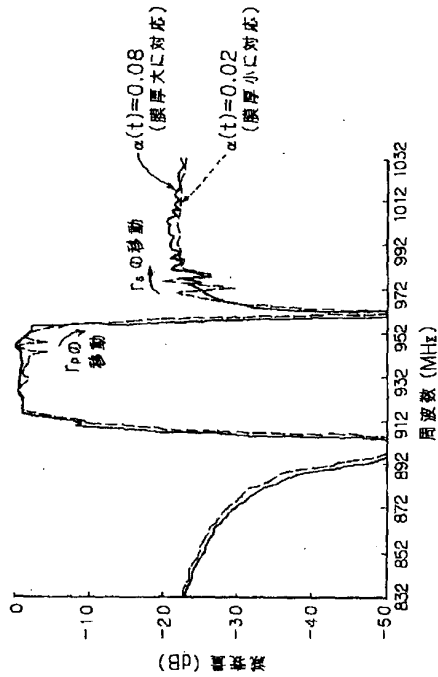
【図19】

電極膜厚(t)のリップル発生位置への効果を示す図



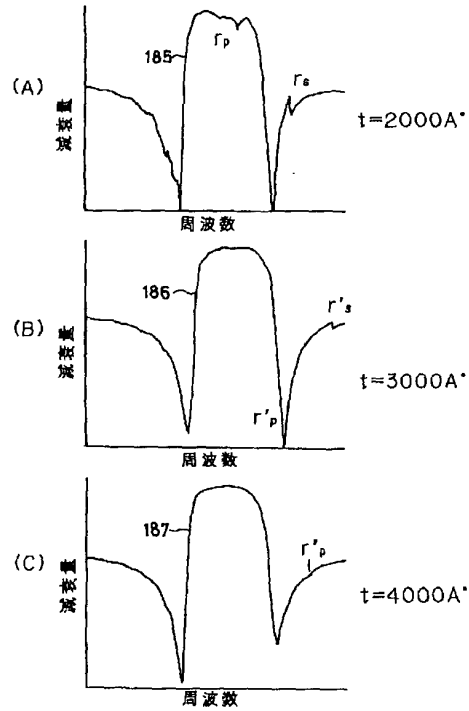
【図20】

並列共振器の反射器によるリップル(r_p)が高周波側減衰極へ落ちたときの状態($\alpha(t)=0.08$ の時)を示す図



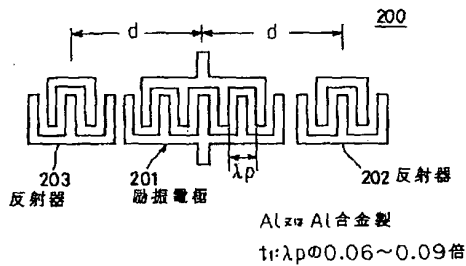
【図21】

共振器型フィルタの通過特性の膜厚依存性を示す図



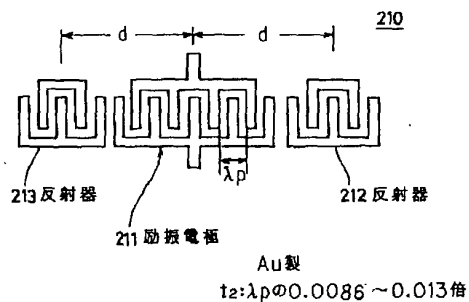
【図23】

本発明の弾性表面波フィルタの第3実施例の第1の一端子対弾性表面波共振器を示す図



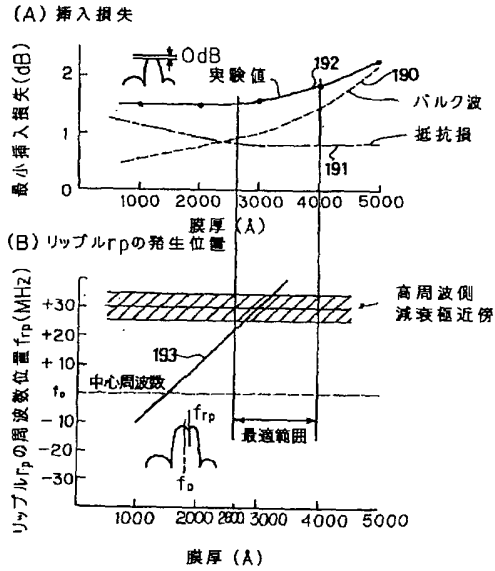
【図25】

本発明の弾性表面波フィルタの第3実施例の第1の一端子対弾性表面波共振器の変形例を示す図



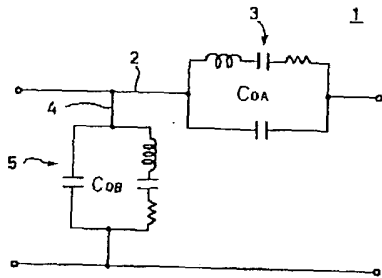
【図22】

挿入損及びリップル発生位置の
膜厚依存性の実験の結果を示す図



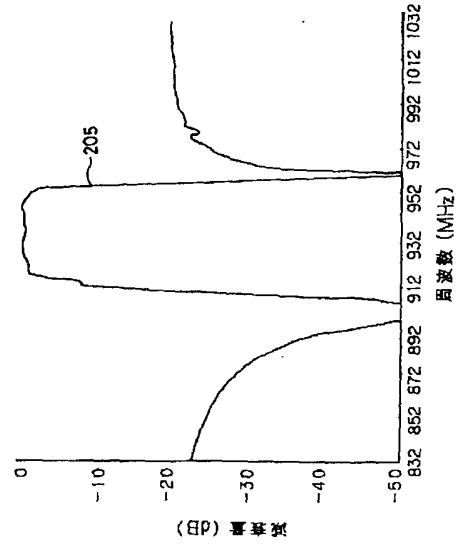
【図26】

従来の弾性表面波フィルタの例を示す図



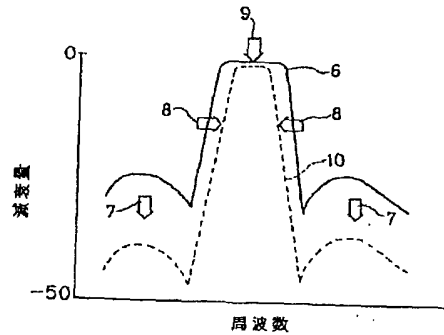
【図24】

図23の共振器を適用した弾性表面波フィルタの
通過特性を示す図



【図27】

図26のフィルタの通過特性を示す図



フロントページの続き

(72)発明者 宮下 勉
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(72)発明者 松田 隆志
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(72)発明者 高松 光夫
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内